

Analogias sobre célula nos livros didáticos de biologia: um recurso de ensino elaborado a partir do guia far**Cell analogies in brazilian biology textbooks:
A teaching proposal based on far guide**

DOI:10.34117/bjdv6n2-231

Recebimento dos originais: 30/12/2019

Aceitação para publicação: 20/02/2020

Iago Taveira Oliveira

Mestre em Ensino de Ciências (Mestrado Profissional PPGE) pela Universidade de Brasília

Instituição: Universidade de Brasília

Endereço: Campus Universitário Darcy Ribeiro, Instituto de Ciências Biológicas, Departamento de Genética e Morfologia, Brasília-DF, CEP 70910-900

E-mail: iago.gross@gmail.com**Carla Medeiros Y Araujo**

Doutora em Genética/Biologia pela Universidade de São Paulo

Instituição: Universidade de Brasília

Endereço: Campus Universitário Darcy Ribeiro, Instituto de Ciências Biológicas, Departamento de Genética e Morfologia, Brasília-DF, CEP 70910-900

E-mail: yaraujo@unb.br**Zara Faria Sobrinha Guimarães**

Doutora em Educação pela Universidade de Brasília

Instituição: Universidade de Brasília

Endereço: Campus Universitário Darcy Ribeiro, Instituto de Ciências Biológicas, NECBio, Brasília-DF, CEP 70910-900

E-mail: zara@unb.br**RESUMO**

A partir de um recurso didático testado e recomendado para o uso planejado de analogias no ensino de ciências (Foco, Ação, Reflexão - Guia FAR), esta pesquisa teve como objetivo desenvolver e testar um recurso de apoio ao professor (guia do professor) baseado nas quatro analogias mais frequentes nos livros didáticos de biologia PNLD relacionadas ao ensino da célula. Tais analogias foram: DNA como uma escada em espiral, complexo enzima-substrato como chave-fechadura, ATP como moeda e mitocôndria como usina. Este guia do professor foi avaliado por licenciandos de Ciências Biológicas de uma universidade pública brasileira. As percepções e recomendações foram coletadas por meio de questionários, gravações dos discursos dos participantes e um caderno de campo. Tais dados foram analisados e considerados para a versão atual do guia do professor. A compreensão do guia do professor foi perceptível por parte da maioria dos participantes, no entanto, alguns deles mostraram dúvidas sobre as limitações das analogias apresentadas. O Guia FAR foi considerado uma boa maneira de planejar o uso de analogias para uma aula de biologia.

Palavras-chave: Uso de analogias. Ensino da biologia da célula. Guia FAR. PNLD. Livros didáticos de biologia.

ABSTRACT

From a well-established guide for the use of analogies in science teaching (Focus, Action, Reflection – FAR Guide) this research aimed to develop and test a teacher support resource (teacher guide) based on the four most frequent cell analogies in PNLD biology textbooks which were: DNA as a spiral staircase, complex substrate enzyme as a key and lock, ATP as currency and mitochondria as a power plant. This teacher guide was evaluated by pre-service biology teachers from a Brazilian public university. Perceptions and recommendations were collected by questionnaires, participant speeches' recording and a field notebook. Students' responses were tabulated and analyzed, and these results were evaluated for a current version of the teacher guide. The comprehension of the content was perceptible by the majority of participants, however some of them showed doubts about analogies' limits. FAR Guide was considered a good way to plan use of analogies to a biology class.

Keywords: Use of analogies. Cell biology teaching. FAR Guide. PNLD. Biology textbooks.

1 INTRODUÇÃO

No ensino, as analogias são utilizadas de diferentes maneiras, podendo contribuir com a aprendizagem e o ensino de ciências, na formação de professores e até como ferramentas para pesquisa (AUBUSSON; HARRISON; RITCHIE, 2006). Analogias e metáforas são formas de comparar estruturas ou processos de dois domínios diferentes, a partir de suas similaridades, com a intenção de expressar algo desconhecido ou não familiar por meio de algo familiar ou conhecido (DUIT, 1991; AUBUSSON; HARRISON; RITCHIE, 2006). O domínio familiar é chamado de análogo e o domínio pouco familiar é denominado de alvo e, por meio do raciocínio analógico, são traçadas as relações de similaridade entre esses dois domínios, originando um modelo analógico (DUIT, 1991). Enquanto o processo de comparação é explícito na formação de analogias, metáforas realizam comparações de forma implícita, não demarcando as semelhanças e diferenças entre os domínios (DUIT, 1991; AUBUSSON; HARRISON; RITCHIE, 2006).

Analogias podem beneficiar a aprendizagem de novos conceitos possibilitando ao estudante a construção de relações entre seus conhecimentos prévios, os análogos, com os conhecimentos científicos, os alvos (GLYNN, 1991). Também desempenham um papel importante na interpretação de modelos complexos da ciência, ao fornecerem modelos mentais a partir de análogos familiares que, embora limitados, esclarecem os fenômenos naturais até a aprendizagem de modelos mais explicativos e elaborados (GLYNN; TAKAHASHI, 1998). O uso de analogias permite a visualização mais fácil e concreta de conceitos e estruturas abstratas e pouco tangíveis aos estudantes (DUIT, 1991), como é o caso do conteúdo escolar relacionado à biologia da célula.

Conjuntamente aos benefícios advindos do uso de analogias no ensino está a possibilidade do surgimento de concepções alternativas pelos estudantes (MOZZER; JUSTI, 2015). O desenvolvimento dessas concepções ocorre devido à interpretação literal da analogia pelo estudante, sem levar em consideração as diferenças e limitações existentes entre o análogo e o alvo (GLYNN, 1991). Outro ponto importante para o possível surgimento de concepções alternativas é o

desconhecimento do domínio análogo pelo estudante ao ser apresentado à analogia pelo professor (DUIT, 1991).

Como exemplos de pesquisas em ensino de ciências no Brasil com abordagens sobre analogias destacam-se trabalhos com foco na biologia (FERRAZ; TERRAZZAN, 2001), química (JUSTI; MENDONÇA, 2008) e física (SILVA; TERRAZZAN, 2011). A presença de analogias foi detectada em livros didáticos brasileiros (TERRAZZAN et al., 2005; FRANCISCO JUNIOR, 2009; ARAUJO; GUIMARÃES, 2017), nos discursos dos professores (FERRAZ; TERRAZZAN, 2001, 2002, 2003) e de alunos (SILVA; TERRAZZAN, 2009; ZAMBON; TERRAZZAN, 2013) e em revista de divulgação científica brasileira (SILVA; PIMENTEL; TERRAZZAN, 2011).

No que se refere aos conteúdos relacionados à célula, em pesquisa a partir de livros didáticos, as analogias de nível de enriquecimento simples e com apresentação verbal foram as mais frequentes nos livros didáticos de biologia do Programa Nacional do Livro Didático - PNLD 2015 e, em raras oportunidades, verificou-se a discussão de suas limitações e abrangências (ARAUJO; GUIMARÃES, 2017). Deste modo, constatamos uma oportunidade para produzir material de apoio ao professor de biologia em suas aulas sobre a célula. Para tanto, optou-se pelo “Focus-Action-Reflection (FAR) Guide for Teaching with Analogies and Models” (TREAGUST et al., 1998; AUBUSSON et al., 2006; HARRISON; TREAGUST, 2006; HARRISON; COLL, 2008) que é referenciado, neste artigo, como Guia FAR. Nossa escolha deu-se em função do Guia FAR caracterizar-se por ser um processo pedagógico que inclui não somente ações no transcorrer da aula, mas também “dois aspectos importantes do ensino eficaz, a saber, planejamento da aula e reflexão pós-aula.” (TREAGUST et al., 1998, p. 88). Relevante destacar que o Guia FAR foi construído empiricamente por meio de um trabalho coletivo entre pesquisadores de universidades, professores de ciências e seus alunos ao longo de um período de 10 anos de pesquisa (VENVILLE, 2008), com destacada contribuição de pesquisadores de universidades australianas (TREAGUST et al., 1998; AUBUSSON et al., 2006; HARRISON; TREAGUST, 2006; HARRISON; COLL, 2008).

Este artigo, apresentado na 13th European Science Education Research Association – ESERA Conference 2019, compartilha os resultados prévios e discussões pertinentes de uma pesquisa qualitativa sobre as percepções de licenciandos de Ciências Biológicas de uma universidade pública brasileira acerca de um guia do professor desenvolvido nos moldes do Guia FAR (TREAGUST et al., 1998). O guia do professor foi elaborado para as analogias mais frequentes encontradas nos conteúdos relacionados à célula nos livros didáticos de biologia PNLD 2015 e PNLD 2018. Porém, a pesquisa se deu num contexto mais amplo (OLIVEIRA, 2019) envolvendo também a análise dos livros didáticos de biologia PNLD 2018, a seleção e o mapeamento das analogias referentes aos

conteúdos relacionados à célula, assim como, a coleta e análise dos conhecimentos prévios dos alunos acerca de analogias.

2 MÉTODOS

A partir do Guia FAR (TREAGUST et al., 1998), um guia para professores foi desenvolvido para as analogias, referentes à célula, mais frequentes nos livros didáticos de biologia do Programa Nacional do Livro Didático PNLD 2015 e 2018 (ARAUJO; GUIMARÃES, 2017; OLIVEIRA, 2019). O guia do professor foi elaborado a partir das seguintes referências: Duit (1991), Treagust et al. (1998), Aubusson et al. (2006), Harrison and Treagust (2006), Harrison and Coll (2008). Nosso objetivo geral foi o de elaborar um guia do professor para auxiliar docentes que utilizam os livros didáticos de biologia do PNLD e se deparam constantemente com analogias relacionadas à célula.

Em relação à organização do guia do professor, a primeira parte deste material didático teve como objetivo explicar, de forma geral, o papel das analogias no ensino de ciências e como elas funcionam. Para esses propósitos foram apresentados uma definição do tema e um exemplo de uma analogia: a comparação entre a estrutura de uma célula eucarionte e a de uma cidade, de forma similar ao proposto por Venville (2008). Constam, também, na primeira parte deste guia os seguintes componentes: os pontos positivos e negativos a partir do uso de analogia no ensino de ciências; um exemplo histórico do uso de uma analogia por um cientista e uma breve explicação das etapas do Guia FAR.

A segunda parte do guia teve como objetivo, com base no Guia FAR, orientar o professor para o uso planejado das quatro analogias sobre célula mais frequentes nos livros de biologia dos PNLD 2015 e 2018 que são: analogia entre a moeda e o ATP; analogia entre a escada em espiral e a estrutura da molécula de DNA; analogia entre uma usina de energia e a mitocôndria; analogia entre chave-fechadura e substrato-enzima.

A estrutura do Guia FAR foi mantida com as três etapas Foco-Ação-Reflexão destacadas no guia do professor seguindo os questionamentos pertinentes compartilhados no Quadro 1. Para cada analogia foi elaborado um texto para as etapas de Foco e Reflexão de acordo com os conteúdos dos domínios alvo e análogo em pauta. A etapa Ação foi apresentada por meio de um mapeamento entre as semelhanças e as diferenças dos análogos e alvos. Além das etapas do Guia FAR, foram acrescentados trechos de livros didáticos de biologia do PNLD 2018 referentes a cada analogia. Similar ao realizado nas inúmeras publicações referentes ao Guia FAR (TREAGUST et al., 1998; HARRISON; COLL, 2008), imagens de cada alvo e análogo foram incluídas no guia do professor no intuito de ilustrar os dois domínios.

Quadro 1 – Etapas do Guia FAR

FOCO	
CONCEITO	O conceito é difícil, desconhecido ou abstrato?
ESTUDANTES	O que os estudantes sabem a respeito do conceito?
ANÁLOGO	O análogo é familiar aos estudantes?
AÇÃO	
SEMELHANÇAS (Mapeamento)	<p>Checar, em sala de aula, a familiaridade do estudante perante o análogo.</p> <p>Debater as características do análogo e do alvo.</p> <p>Mapear as similaridades entre o análogo e o alvo.</p>
DIFERENÇAS (Limitações)	Debater as diferenças entre o análogo e o alvo.
REFLEXÃO	
CONCLUSÕES	<p>A analogia foi clara e útil ou confusa?</p> <p>A analogia atingiu os resultados planejados?</p>
APERFEIÇOAMENTOS	Quais são as mudanças necessárias para a próxima aula?

Quais mudanças são necessárias quando a analogia for utilizada novamente?

Fonte: Treagust, Harrison e Venville (1998); Harrison e Treagust (2006); Harrison e Coll (2008).

O guia do professor foi avaliado por 54 estudantes do curso de graduação de Ciências Biológicas – Licenciatura da Universidade de Brasília, Brasília, Distrito Federal. Para a análise do guia do professor foram realizadas, durante o segundo semestre letivo de 2018, intervenções nos horários de distintas disciplinas nas quais os estudantes estavam matriculados. Na interlocução com os licenciandos, apresentações orais introdutórias foram realizadas pela nossa equipe abordando aspectos gerais do uso de analogias no ensino de biologia. Em seguida, todos os estudantes receberam a primeira parte do guia do professor e grupos distintos, uma determinada analogia relacionada à segunda parte do guia. Os resultados compartilhados neste artigo estão relacionados com a análise desta segunda parte do guia do professor que foi desenvolvido a partir do Guia FAR. Em uma perspectiva de pesquisa qualitativa (BOGDAN; BIKLEN, 1994), as percepções e recomendações dos licenciandos foram coletadas a partir de questionários, gravações de depoimentos de alguns dos participantes e anotações em um caderno de campo. Cada estudante respondeu, de acordo com a analogia que recebeu, cinco perguntas quanto à clareza e funcionalidade de cada fase do Guia FAR com espaços para comentários, inclusive para sugestões de possíveis modificações do guia do professor e seu uso na condução de uma aula de biologia sobre determinado conteúdo relacionado à célula. A análise dos dados foi realizada a partir de Gibbs (2009) e os resultados deste processo foram considerados na elaboração da versão atual do guia do professor (OLIVEIRA, 2019).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De forma geral, o guia do professor foi avaliado positivamente pelos 54 participantes desta pesquisa, sendo que 17 estudantes analisaram a analogia ATP/moeda; 15, DNA/escada, 13, mitocôndria/usina e nove, o complexo enzima e substrato/chave e fechadura.

O material didático, baseado no Guia FAR, elaborado para a analogia do ATP/moeda foi avaliado positivamente em todos os quesitos. Apesar disso, alguns estudantes comentaram que a analogia deveria ser utilizada com cautela para evitar interpretações equivocadas do conceito científico. Esta percepção relaciona-se diretamente com o que, na literatura, é definido como concepções alternativas quando do uso de analogias no ensino de ciências (DUI, 1991; GLYNN, 1991; MOZZER; JUSTI, 2015).

Um dos estudantes acentuou que nesta analogia os domínios são muito diferentes, podendo criar dificuldades no processo de aprendizagem do domínio alvo. Com tal posicionamento, ficou claro que o material instrucional em mãos não permitiu a compreensão da analogia que, inclusive, é apresentada com destaque em Alberts et al. (2017), referência utilizada por esses estudantes em disciplinas obrigatórias do currículo do curso de graduação de Ciências Biológicas-Licenciatura. Provavelmente, a percepção do participante foi decorrente da imagem escolhida por nossa equipe para ilustrar este análogo - uma pilha de moedas - podendo dar a entender que a relação entre alvo/análogo - ATP/moeda - seria do tipo estrutural, e não funcional, seguindo o sistema de categorização de analogias proposto por Curtis e Reigeluth (1984). Cabe ressaltar que nos livros didáticos a analogia é apresentada da seguinte maneira: ATP como moeda energética, como apontado por Araujo e Guimarães (2017) e Oliveira (2019), sem nenhuma explicação complementar. Na versão atual do guia do professor (OLIVEIRA, 2019), a imagem passou a ilustrar um processo, o ato de utilizar dinheiro para adquirir algo, sendo que essa é a essência da analogia em pauta.

No entanto, um outro participante percebeu as similaridades entre os domínios, mas argumentou que a analogia em pauta era apenas funcional e, possivelmente, não seria eficiente para a compreensão do conceito científico. Como acentuado por Duit (1991), todas as analogias apresentam, por definição, limitações. E, reconhecer as limitações de uma analogia torna-se um fator fundamental para estimular o raciocínio analógico de maneira apropriada (GLYNN, 1991). Pelo fato desta percepção ter aparecido de forma recorrente durante esta pesquisa, isto é, dos estudantes acentuarem que as limitações de determinada analogia atrapalhariam o seu uso como recurso didático, uma informação adicional pautada na relação entre análogo e alvo foi incluída na versão atual do guia (OLIVEIRA, 2019), identificando se a analogia é do tipo estrutural, funcional ou estrutural/funcional como categorizado por Curtis e Reigeluth (1984). Porém, acredita-se que se o Guia FAR for aplicado *ipsis litteris* por um professor de biologia previamente preparado para realizar as atividades de mapeamento entre a analogia e o alvo com os alunos em sala de aula, a percepção das limitações da analogia surgirá e será debatida, não resultando em um aspecto que desapontará os estudantes.

A parte do guia do professor relacionada ao DNA/escada em espiral, em geral, foi bem avaliada. Entretanto, alguns alunos não concordaram com determinados trechos do guia do professor relatando, por exemplo, seu descontentamento com o fato da analogia da escada servir apenas para explicar a estrutura e não possibilitar a explicação da função da molécula de DNA. Tal como na analogia ATP/moeda, alguns licenciandos tiveram dificuldades em reconhecer as limitações da analogia DNA/escada que é, de fato, exclusivamente estrutural de acordo com Curtis e Reigeluth (1984). Uma estudante ressaltou que compreendeu o modelo analógico, mas recomendou a inserção no guia do professor de maior ênfase sobre o fato de ser exclusivamente estrutural.

Em relação a outro aspecto, uma estudante questionou se o análogo, escada em espiral, fazia parte do seu cotidiano, e propôs uma atividade escolar para explorar de forma mais eficiente a analogia. Enfatiza-se que, em todo modelo analógico, o análogo precisa ser reconhecido pelo receptor (VENVILLE, 2008), portanto, o ponto de vista da participante é relevante no contexto escolar. Como a analogia foi avaliada por meio de um material instrucional elaborado por nossa equipe e não por uma dinâmica em sala de aula, como a etapa Ação (Guia FAR) pressupõe (TREAGUST et al., 1998), a familiaridade com a analogia não foi checada junto aos participantes durante a aplicação da pesquisa e a estudante logo percebeu a necessidade de tal procedimento ao utilizar uma analogia em sala de aula. Mais a frente, tal aspecto é novamente salientado no âmbito de outra analogia.

Durante a análise da fase Reflexão do guia do professor, um dos estudantes questionou: “Seria interessante trazer outra analogia para os estudantes para explicar a função do DNA, como a analogia entre o DNA e o alfabeto?”, percebendo que tal analogia necessitava de maiores explicações. A analogia foi incluída no guia do professor nas inferências elaboradas pela nossa equipe ao desenvolver as atividades da fase Reflexão (Guia FAR), especificamente no que concerne aos aperfeiçoamentos que estimulariam o professor a refletir sobre as seguintes questões: “Quais são as mudanças necessárias para a próxima aula?” e “Quais as modificações necessárias na próxima vez que eu utilizar esta analogia?” (HARRISON; TREAGUST, 2006, p. 21). Foi perceptível que a inserção de uma nova analogia em nada auxiliou a fase Reflexão, optando-se por suprimi-la da versão atual do guia do professor (OLIVEIRA, 2019).

Os licenciandos também acentuaram que a imagem adotada para exemplificar a escada poderia gerar confusão por não ilustrar uma escada com dois corrimões que, de acordo com os participantes desta pesquisa, seria mais adequada para a comparação com o modelo da estrutura molecular do DNA. Diante dessa observação, optou-se pela alteração da imagem e, de forma geral, com auxílio dos estudantes, foi perceptível que ao escolher as imagens para ilustrar os análogos e inseri-las no guia do professor, uma seleção mais criteriosa tornou-se necessária. Precisa-se levar em conta, além disso, que nos livros didáticos do PNLD 2015, como observado por Araujo e Guimarães (2017), no que se refere aos conteúdos relacionados à célula, aproximadamente 10% do total de 269 analogias verificadas nas coleções eram ilustrativas. Portanto, ao estampar o domínio análogo em material instrucional para além do livro didático de biologia, como é o caso deste guia do professor, deve-se ter em mente que a representação visual escolhida terá que, de fato, facilitar o processo de comparação entre os domínios, condição salientada por Mozzer e Justi (2015).

No guia do professor, o conceito de mitocôndria foi explicado de forma analógica comparando o funcionamento da organela ao de uma usina de energia. Uma estudante recomendou que na primeira etapa do Guia FAR, Foco, a explicação do análogo deveria estar próxima a do alvo e não entremeada

pelas projeções das possíveis concepções dos estudantes em relação ao domínio alvo. Tal reposicionamento, na análise da participante, poderia facilitar a compreensão da analogia a ser feita pelo leitor do material instrucional. Porém, o Guia FAR é apresentado sistematicamente com as informações da fase Foco na seguinte ordem: Conceito, Estudante e Análogo (TREAGUST et al. 1998; HARRISON; TREAGUST, 2006; VENVILLE, 2008). De acordo com os autores, na fase de planejamento da aula, o professor primeiro reflete sobre o conceito científico: “[O conceito] é difícil, pouco familiar ou abstrato?” (HARRISON; COLL, 2008, p. 3). Em seguida, reflete sobre o conceito na perspectiva dos estudantes: “Quais são as ideias que os estudantes já têm sobre o conceito?” (HARRISON; COLL, 2008, p. 3). Para, finalmente, pensar sobre a analogia: “O análogo é algo com o qual seus alunos estão familiarizados?” (HARRISON; COLL, 2008, p. 3). Percebe-se na fase Foco uma sequência lógica para um planejamento que ocorre antes e, também, no início da aula (VENVILLE, 2008). Mesmo que tenhamos modificado a sequência para Conceito, Análogo e Estudante na versão atual do guia do professor (OLIVEIRA, 2019) decorrente da recomendação da estudante, em futuras aplicações do Guia FAR retornaremos à sequência original da fase Foco (Conceito, Estudante e Análogo) verificando, por meio de dados provenientes de mais pesquisas se tal alteração, de fato, se faz realmente necessária em detrimento da sequência lógica estabelecida no Guia FAR.

Diversos estudantes questionaram sobre a viabilidade do uso da analogia mitocôndria/usina considerando que se trata de um análogo de difícil compreensão: o funcionamento de usina que produz energia. Tal percepção trouxe à luz novamente, nesta pesquisa, um aspecto fundamental no uso de analogia em sala de aula: as analogias facilitam a aprendizagem quando comparam algo desconhecido com algo conhecido pelo estudante (AUBUSSON et al., 2006). De acordo com Oliveira (2019), a analogia em pauta é apresentada, de forma geral, nos livros didáticos de biologia PNLD 2018 da seguinte maneira: a mitocôndria como uma usina de energia, sem explicações complementares e deixando para o leitor a responsabilidade para compreendê-la, sendo caracterizada como uma analogia simples quanto ao nível de enriquecimento, de acordo com Curtis e Reigeluth (1984). Além disso, a analogia refere-se a um aspecto específico do funcionamento da mitocôndria explorado em pormenores por Alberts et al. (2017), referência utilizada pelos autores dos livros didáticos brasileiros de biologia PNLD, e relaciona-se ao funcionamento da ATP sintase na membrana mitocondrial. Nos livros didáticos de biologia PNLD 2018, raramente tal analogia é posta da seguinte maneira: “Em certos pontos da membrana, entretanto, os prótons podem retornar à matriz mitocondrial, e, ao fazê-lo, de maneira semelhante ao que acontece em um gerador de usina hidrelétrica, mas em proporções muito menores, eles literalmente giram um rotor molecular. Esse processo, que gera ATP e é denominado quimiosmose” (BIZZO, 2016, p. 143). Como o objetivo

principal do guia do professor é o de auxiliar o professor de biologia que se depara com tal analogia nos livros didáticos de biologia PNLD, cabe ao docente a decisão de explorá-la ou não em sala de aula, averiguando a familiaridade dos seus alunos com o análogo. Treagust et al. (1998, p. 85) aponta que “Ao se utilizar uma analogia no ensino de ciências, os professores devem selecionar um análogo apropriado ao contexto do estudante para auxiliar na explicação de um conceito científico.” E, mesmo que Duit (1991) julgue evidente este aspecto ao se intentar um raciocínio analógico bem sucedido por parte dos alunos, pondera-se que foi bastante salutar nesta pesquisa a evidência da percepção dos licenciandos sobre tal tópico. Inclusive, de acordo com Venville (2008), a maior conscientização da necessidade de reconhecer a familiaridade dos alunos perante o análogo foi apontada, por professores de ciências, como uma das contribuições mais relevantes do Guia FAR.

Uma estudante elaborou a seguinte crítica: “Na parte do trecho de livro didático, para mim, não ficou claro se é considerado um bom ou mal emprego da analogia”. A ponderação da estudante partiu do trecho de Bizzo (2016) que compartilhamos acima e que se destaca, em relação aos outros livros didáticos de biologia PNLD 2015 e PNLD 2018, por ser uma analogia enriquecida de acordo com os critérios de Curtis e Reigeluth (1984). Portanto, devemos ainda continuar a ponderar e testar se a inserção de trechos dos livros didáticos auxilia ou não o potencial usuário do guia do professor, mesmo que na sua versão atual (OLIVEIRA, 2019) os trechos dos livros didáticos tenham sido mantidos sem nenhuma alteração após a avaliação feita pelos licenciandos.

A chave e fechadura foi a analogia que teve o menor número de análises (9), com os participantes avaliando-a de forma positiva e o modelo analógico sendo prontamente reconhecido como pertencente ao repertório deles. O principal ponto salientado pelos participantes foi a presença de cinco diferenças pautadas entre os domínios, número superior ao apresentado no mapeamento das outras analogias. Relevante também destacar que mesmo diante da obsolescência desta analogia, causa provável para o maior número de diferenças pautadas no mapeamento, tal aspecto não foi acentuado pelos estudantes que a analisaram. Nelson e Cox (2014) descreveram o processo histórico de construção do conhecimento sobre o funcionamento das enzimas e relataram que Emil Fischer em 1984, a partir de suas descobertas, postulou que as estruturas das enzimas seriam complementares aos seus substratos, como uma chave em uma fechadura. Posteriormente, com os avanços e descobertas na área, compreende-se hoje que essa analogia não explica com perfeição o real funcionamento de uma enzima. Francisco Junior (2009), a partir da análise de livros didáticos de química do PNLD 2007, ressaltou o caráter funcional desta analogia, porém salientou que é utilizada como analogia estrutural e, caso seja do tipo ilustrativa, “fortalece o conceito equivocado de encaixe perfeito” (p. 133).

Tal analogia aparece sistematicamente nos livros didáticos de biologia PNLD 2018. Essa permanência deve-se ao fato de o PNLD ter levado em consideração, na área da biologia, a compreensão e o reconhecimento da história da ciência como algo benéfico para o ensino de biologia. No documento governamental, conhecido como Guia de livros didáticos (BRASIL, 2017), que auxiliou os professores da rede pública de ensino no momento de seleção dos livros didáticos de biologia PNLD 2018 tem-se o seguinte:

Compreender essa historicidade ajuda a identificar conceitos e modelos que não são mais considerados cientificamente válidos, mas que já tiveram função importante tanto no campo científico quanto na Didática das Ciências, tendo sido ‘abandonados’ em meio a constantes processos de revisão conceitual. Assim, mais do que representar ‘erros’, tais conceitos e modelos podem ser compreendidos como exemplos da natureza revisionista das ciências e de como se avança a partir da crítica de ideias pré-existentes. Como exemplo dessa questão, podemos destacar o modelo de ação enzimática denominado “chave-fechadura”, que foi muito utilizado, na Ciência e no ensino, para explicar as interações moleculares entre enzimas e substratos. (BRASIL, 2017, p. 18).

Porém, nenhum material complementar para orientar o professor no uso planejado desta analogia é encontrado nos livros didáticos de biologia PNLD 2018, deixando sob responsabilidade do docente como utilizar e explorar a analogia, não sendo necessariamente na perspectiva divulgada em BRASIL (2017).

De modo geral, a segunda parte do guia do professor, que incorpora o Guia FAR para determinadas analogias da célula, foi avaliada de modo positivo pelos participantes. Mesmo com o compartilhamento de algumas críticas e ressalvas, 52 estudantes afirmaram que usariam o guia do professor, tecendo recomendações quanto ao seu formato e conteúdo. Apenas dois estudantes responderam que não fariam uso do guia do professor, alegando não gostar da analogia que receberam para efetuar a análise ou por não se sentir à vontade para empregar analogias como recursos pedagógicos. Uma das questões desta pesquisa abordou se o material didático proposto auxiliaria na condução de uma aula que tivesse analogias sobre a célula, e todas as respostas foram positivas, sem nenhum tipo de ressalva. Trinta e cinco licenciandos afirmaram que explicariam os conteúdos relacionados à célula com o auxílio das analogias do guia do professor. Desse total, 24 participantes adotariam as analogias para começar a explicar os conceitos celulares, como expôs uma das estudantes: “Justamente na situação de explicar sobre esse assunto em biologia, pois acho bem mais claro e fácil de aprender se você compara algo que você já sabe com algo que gostaria de aprender”. Os outros 11 participantes também adotariam as analogias para explicar os conceitos científicos, mas como uma segunda opção e após uma explicação prévia do domínio alvo, situação exemplificada na resposta de outra estudante: “Eu usaria para consolidar o conceito de estrutura de DNA após uma aula expositiva sobre cada um dos elementos”. Nota-se nessas considerações que a maior parte dos participantes desta pesquisa optaria por utilizar a analogia no sentido de facilitar a aprendizagem de

conceitos e modelos científicos abstratos e complexos pelo público-alvo, como pautado por Glynn (1991) e Duit (1991), e de maneira planejada conforme recomendado por Treagust et al.(1998); Harrison e Treagust (2006) e Venville, 2008.

Mozzer e Justi (2015), a partir de ampla revisão bibliográfica, identificaram características do uso de analogias por professores de distintas nacionalidades, variando desde a ausência de um repertório preparado de analogias até o desconhecimento das limitações das analogias. As características pautadas pelas autoras são reveladoras no que tange a falta de preparo técnico por parte de professores para o pleno uso de analogias nos processos de ensino e aprendizagem. Para que as analogias desempenhem seu papel como modelos de ensino, Mozzer e Justi (2015) elencaram, a partir da relevante revisão bibliográfica realizada, determinadas condições de uso desses recursos, que são: o análogo escolhido deve ser familiar ao estudante para auxiliar a aprendizagem do domínio alvo, que deve ser novo e/ou de difícil compreensão. Outra condição é a de que, sempre que possível, uma representação visual deve estar associada ao análogo, no intuito de facilitar o processo de comparação. Também destacaram que o processo de criação ou apresentação de uma analogia deve ser guiado, explorando as limitações dela. No que concerne a tal processo guiado, Venville (2008, p. 24), uma das pesquisadoras participante do desenvolvimento do Guia FAR, acentua que “Se as analogias devem ser usadas de maneira eficiente pelos professores de ciências, é necessária uma estratégia cuidadosamente planejada, projetada para tornar as analogias relevantes para o maior número possível de estudantes”.

Em consonância com tais recomendações, os licenciandos participantes desta pesquisa tiveram a oportunidade de analisar um material instrucional para o uso planejado de analogias, o guia do professor, pautado no consolidado Guia FAR (“FAR Guide for Teaching and Learning With Analogies”) que, apesar de ser originário de laboriosa e criteriosa pesquisa na área de ensino de ciências por parte de diversos pesquisadores de universidades em conjunto com professores de ciências (TREAGUST et al.,1998; HARRISON; TREAGUST, 2006; HARRISON; COLL, 2008), ainda não é um recurso didático tão conhecido e utilizado no Brasil.

4 CONCLUSÕES

A elaboração, pautada no Guia FAR, e a validação de um guia do professor que pode auxiliar o uso planejado de analogias referentes à célula e presentes nos livros didáticos de biologia PNLD 2015 e PNLD 2018 nos permitiu verificar que os licenciandos do curso de Ciências Biológicas de uma universidade pública estão interessados em materiais didáticos que os guiem para este propósito.

A maior parte das analogias sobre os conteúdos relacionados à célula está presente nos livros didáticos de biologia PNLD 2018 sem explicações adicionais quando comparadas aos conceitos

científicos e os participantes desta pesquisa revelaram dificuldades para compreender que qualquer analogia, por natureza, apresenta limitações.

Os licenciandos perceberam a necessidade de se ter cautela no uso das analogias em sala de aula para evitar o desenvolvimento de concepções alternativas pelo público-alvo, e que é fundamental checar a familiaridade deste público perante o análogo a ser utilizado.

As percepções dos licenciandos nos possibilitaram também verificar que ao escolher imagens para ilustrar os análogos e inseri-las no material instrucional deve-se realizar uma seleção bastante criteriosa, tendo em vista que nos livros didáticos de biologia PNLD 2018, referente aos conteúdos relacionados à célula, poucas são as analogias ilustrativas.

O Guia FAR pode tornar-se um excelente material instrucional complementar aos livros didáticos de biologia PNLD distribuídos no território brasileiro, levando-se em conta que, no caso dos conteúdos relacionados à célula apresentados nesses livros, o domínio alvo é abstrato, as analogias de nível de enriquecimento simples são as mais recorrentes, com escassez de material didático para auxiliar o professor no uso planejado de tais analogias.

REFERÊNCIAS

ALBERTS, B.; JOHNSON, A.; LEWIS, J.; MORGAN, D.; RAFF, M.; ROBERTS, K.; WALTER, K.; WALTER, P.; WILSON, J.; HUNT, P. **Biologia molecular da célula**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

ARAUJO, C. M. Y; GUIMARÃES, Z. F. S. Analogias no ensino da célula: Análise de livros didáticos de biologia adotados pelo Plano Nacional do Livro Didático 2015 no Brasil. **Enseñanza de las Ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas**, n. Extra, p. 1295-1302, 2017.

AUBUSSON, P.J.; HARRISON, A.G.; RITCHIE, S.M. Metaphor and Analogy: Serious thought in science education. In: AUBUSSON, P.J.; HARRISON, A.G.; RITCHIE, S.M. (org.). **Metaphor and Analogy in Science Education**. Dordrecht: Springer, 2006. p.1-9.

BIZZO, N. **Biologia**: Novas Bases. São Paulo: IBEP, 2016.

BOGDAN, R.; BIKLEN, S. **Investigação qualitativa em educação**. Porto: Porto Editora, 1994.

BRASIL. **Guia de livros didáticos: PNLD 2018. Biologia: ensino médio**. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica. 2017.

CURTIS, R. V.; REIGELUTH, C. M. The use of analogies in written text. **Instructional Science**, v. 13, n. 2, p. 99-117, 1984.

DUIT, R. On the role of analogies and metaphors in learning science. **Science Education**, v. 75, n. 6, p. 649–672, 1991.

FERRAZ, D. F.; TERRAZAN, E. A. O uso de analogias como recurso didático por professores de Biologia no ensino médio. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 1, n. 3, p. 124-135, 2001.

FERRAZ, D. F.; TERRAZZAN, E. A. Uso espontâneo de analogias por professores de biologia: observações da prática pedagógica. **Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 4, n. 2, p. 1-15, 2002.

FERRAZ, D. F.; TERRAZZAN, E. A. Uso espontâneo de analogias por professores de Biologia e o uso sistematizado de analogias: que relação? **Ciência & Educação**, v. 9, n. 2, p. 213-227, 2003.

FRANCISCO JUNIOR, W. E. Analogias em livros didáticos de química: um estudo das obras aprovadas pelo Plano Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio 2007. **Ciências & Cognição**, v. 14, n. 1, p. 121-143, 2009.

GIBBS, G. **Análise de dados qualitativos**. Porto Alegre: Artmed, 2009.

GLYNN, S. M. The Teaching with Analogies Model. In: MUTH, D. (ed.) **Children's comprehension of text**. Newark: IRA, 1991. p. 185-204.

GLYNN, M. S.; TAKAHASHI, T. Learning from Analogy-Enhanced Science Text. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 35, n. 10, p.1129-1149, 1998.

HARRISON, A. G; TREAGUST, D. F. Teaching and Learning with Analogies: Friend or foe? In: AUBUSSON, P.J.; HARRISON, A.G.; RITCHIE, S.M. (org.). **Metaphor and Analogy in Science Education**. Dordrecht: Springer, 2006. p.11-24.

HARRISON, A. G.; COLL, R. K. (org.). **Using Analogies in Middle and Secondary Science Classrooms**. Thousand Oaks: Corwin Press, 2008.

JUSTI, R.; MENDONÇA, P. C. C. Usando analogias com função criativa: uma nova estratégia para o ensino de química. **Educación Química**, v. 1, p. 24–29, 2008.

MOZZER, N. B.; JUSTI, R. “Nem tudo que reluz é ouro”: uma discussão sobre analogias e outras similaridades e recursos utilizados no ensino de Ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 15, n. 1, p. 123-147, 2015.

NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de Bioquímica de Lehninger**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2014.

OLIVEIRA, I. T. **Analogias em biologia celular presentes nos livros de biologia do PNLD 2018: uma proposta de ação para o professor**. 2019. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências) – Universidade de Brasília, Brasília, 2019. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/35218>. Acesso em: 30 jan. 2020.

SILVA, L. L.; TERRAZZAN, E. A. Familiaridade de alunos de ensino médio com situações análogas. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 26, n. 1, p. 145-172, 2009.

SILVA, L. L.; TERRAZZAN, E. A. As analogias no ensino de conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais em aulas de Física no ensino médio. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 6, n. 1, p. 133–154, 2011.

SILVA, L. L.; PIMENTEL, N. L.; TERRAZZAN, E. As analogias na revista de divulgação científica Ciência hoje das crianças. **Ciência & Educação**, v. 17, n. 1, p. 163–181, 2011.

TERRAZZAN, E. A.; PIMENTEL, N. L.; DA SILVA, L.; BUSKE, R.; AMORIM, M. A. L. Estudo das analogias utilizadas em coleções didáticas de física, química e biologia. **Enseñanza de las Ciencias**, n. Extra, p. 1-6, 2005.

TREAGUST, F. D.; HARRISON, A. G.; VENNVILLE, G. J. Teaching Science Effectively With Analogies: an approach for preservice and in-service teacher education. **Journal of Science Teacher Education**, v. 9, n. 2, p. 85-101, 1998.

VENNVILLE, G. J. The Focus-Action-Reflection (FAR) Guide-Science Teaching Analogies. *In*: HARRISON, A. G.; COLL, R. K. (org.). **Using Analogies in Middle and Secondary Science Classrooms**. Thousand Oaks: Corwin Press, 2008. p. 22-31.

ZAMBON, L. B.; TERRAZZAN, E. A. Analogias produzidas por alunos do ensino médio em aulas de física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 35, n. 1, p. 1-5, 2013.